



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

GYSLEYNNE GOMES DA SILVA COSTA

**ATRIBUTOS FÍSICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES DE USO NAS VÁRZEAS DE SOUSA (PB)**

AREIA - PB

2015

GYSLEYNNE GOMES DA SILVA COSTA

**ATRIBUTOS FÍSICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES DE USO NAS VÁRZEAS DE SOUSA (PB)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Universidade Federal da Paraíba como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Pereira de Oliveira

AREIA-PB

2015

GYSLEYNNE GOMES DA SILVA COSTA

**ATRIBUTOS FÍSICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO SOB DIFERENTES
CONDIÇÕES DE USO NAS VÁRZEAS DE SOUSA (PB)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Universidade Federal da Paraíba como
requisito parcial para a obtenção do título de
Bacharel em Ciências Biológicas.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Flávio Pereira de Oliveira, Dr.
DSER/CCA/UFPB
Orientador

Petrus Luiz de Luna Pequeno, Msc.
PPGCS/CCA/UFPB
Examinador

Irisvaldo Silva do Nascimento, Msc.
Fazenda Tamanduá
Examinador

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Gilene e Geraldo, e as minhas irmãs Gyslaynne e Marya Laura, pelo amor e apoio incondicional, dedico este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pelas bênçãos e proteção sempre concedidas a mim e pela Sua presença constante em minha vida.

Aos meus pais, Gilene e Geraldo pelo amor, carinho, ensinamentos, apoio e exemplo de vida fundamentais em tudo que alcancei até hoje.

As minhas irmãs, Gyslayne e Marya Laura pelo amor, amizade, companheirismo e apoio que sempre me concederam.

A todos os meus familiares, em especial a minha avó Maria e tia Gilma, pela compreensão e apoio.

Ao meu orientador, professor Dr. Flávio Pereira pela orientação, ensinamentos, paciência e apoio.

A Dra. Adriana Ferreira Martins, pelo apoio, paciência, ensinamentos, confiança e amizade indispensáveis na realização desta conquista.

A todos os colegas de estágio do Laboratório de Microbiologia (DCB/CCA/UFPB), Deyseane, Maria Luíza, Edardna, Ciro e Verônica pela colaboração, companhia e amizade tão importantes nessa caminhada.

A todos do Laboratório de Física do Solo, do Departamento de Solos e Engenharia Rural - CCA/UFPB pela colaboração imprescindível.

A todos os meus belos encontros desta caminhada de graduação, Angélica, Diana, Ivone, Gabriela, Jaqueline, Valquíria, Ione, Lidiane, Núbia, Kamila, Daiane, entre outros, pela amizade, companheirismo e apoio nesta longa jornada.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desta conquista, como Gabriela, Helton e Janderson e a todos do Laboratório de Fitopatologia (DFCA/CCA/UFPB).

A todos que compõe a Universidade Federal da Paraíba - Centro de Ciências Agrárias, professores, gestores e funcionários que de alguma forma, direta ou indireta, influenciaram na realização deste trabalho e minha formação acadêmica.

SUMÁRIO

Lista de Tabelas	vi
Lista de Figuras	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO	01
OBJETIVOS	02
Geral	02
Específicos	02
REVISÃO DE LITERATURA	03
Diversidade Microbiana do Solo	03
Atividade Microbiana do Solo	04
Macrofauna do Solo	05
Interações entre atributos abióticos e bióticos do solo	06
MATERIAL E MÉTODOS	08
Área de coleta	08
Amostragem	09
Caracterização biológica	09
Atividade microbiana	09
Avaliação da Diversidade Microbiana	10
Macrofauna	11
Caracterização física do solo	11
Análise granulométrica do solo	11
Densidade, macro e microporosidade e porosidade total do solo	11
Retenção de água no solo	12
Caracterização de química e fertilidade do solo	12
RESULTADOS E DISCUSSÃO	12
Atributos Biológicos	12
Diversidade Microbiana	12
Atividade Microbiana	17
Macrofauna	18
Atributos Físicos	22
CONCLUSÕES	27
REFERÊNCIAS	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.	Valores médios químicos e de fertilidade de Vertissolo Cromado sob diferentes condições de uso	12
Tabela 2.	Contagens médias de UFC.mL ⁻¹ em Vertissolo Cromado sob diferentes condições de usos e profundidades	13
Tabela 3.	Ocorrência de grupos (gêneros) de fungos classificados e suas porcentagens nas diferentes condições de uso e profundidades de Vertissolo Cromado	14
Tabela 4.	Médias de atividade microbiana, medida pela respiração basal, de Vertissolo Cromado sob diferentes condições de uso e profundidades (cm).....	17
Tabela 5.	Índices de diversidade de Shannon (H) e de Equitabilidade (J) para diferentes condições de uso e profundidades (cm) em Vertissolo Cromado.....	21
Tabela 6.	Análise granulométrica e classificação textural de Vertissolo Cromado sob diferentes condições de uso e profundidades de amostragem	23
Tabela 7.	Densidade do solo (DS), macro e microporosidade e porosidade total de Vertissolo Cromado em diferentes condições de uso e profundidades	24
Tabela 8.	Capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD) em Vertissolo sob diferentes condições de uso e profundidade	25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Áreas de amostragem sob diferentes condições de uso: a) cultivo de capim tifton; b) cultivo de romã; c) área sob vegetação nativa	9
Figura 2.	Colônias de fungos dos gêneros <i>Mucor</i> (a), <i>Aspergillus</i> (b), <i>Acremonium</i> (c) e <i>Cladosporium</i> (d), identificados sob diferentes condições de uso e profundidades em Vertissolo Cromado	14
Figura 3.	Porcentagens de gêneros fúngicos identificados em Vertissolo Cromado sob diferentes condições de uso nas profundidades 0-10 e 10-20 cm	15
Figura 4.	Porcentagens das densidades de bactérias quanto a formas morfológicas (a) e classificação de Gram negativas (Gram -) e positivas (Gram +) (b), em diferentes condições de uso: VN= vegetação nativa, CT= capim tifton, RM= romã; em profundidades de amostragem (0-10 e 10-20 cm)	16
Figura 5.	Quantificação e classificação da macrofauna de Vertissolo Cromado sob diferentes condições de uso (tifton, romã e vegetação nativa) em única profundidade (0 - 20 cm)	19
Figura 6.	Quantificação das ordens identificadas nas áreas sob diferentes condições de uso: a) capim tifton; b) romã; c) vegetação nativa, sob profundidades de amostragem	20

RESUMO

Alterações no solo são capazes de modificar seu funcionamento natural, tornando o acompanhamento de impactos de diferentes tipos de uso sempre necessário. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar atributos biológicos e físicos do solo sob diferentes condições de uso nas Várzeas de Sousa (PB). A coleta das amostras foram realizadas em Vertissolo Cromado sob diferentes condições de uso (cultivo de capim tifton, cultivo de romã e sob vegetação nativa) e profundidades de amostragem (0-10 e 10-20 cm). Os atributos biológicos analisados foram diversidade microbiana (unidades formadoras de colônias), atividade microbiana (respiração basal) e macrofauna edáfica (Tropical Soil Biology and Fertility). A caracterização física foi realizada para os atributos de análise textural; densidade do solo, macro e microporosidade e porosidade total e retenção de água no solo, especificamente, capacidade de campo, ponto de murcha permanente e água disponível. Em relação aos resultados obtidos, pode-se observar que na parte biológica a diversidade microbiana total se mostrou maior na área sob vegetação nativa, com o gênero fúngico *Mucor*, bactérias Gram negativas, bacilos e cocos se destacando, independente da condição de uso e profundidade. A atividade microbiana foi mais elevada na área sob capim tifton e na profundidade superficial, independente dos diferentes usos. Esta área também foi a que obteve maior densidade de indivíduos da macrofauna, tendo como ordem de destaque Hymenoptera. Porém, índices de diversidade mostraram menor diversidade e equitabilidade na mesma, provavelmente pela dominância deste grupo. Em relação aos atributos físicos a análise textural mostrou-se a predominância de silte e argila, microporos e baixa capacidade de retenção de água, independente dos usos e profundidades de amostragem. A densidade média apresentou mais elevada na camada subsuperficial.

Palavras-chave: microrganismos, estrutura do solo, uso.

ABSTRACT

Changes in the soil are capable of modifying the natural functioning of the soil. This makes it a constant necessity to monitor the impacts of different types of use. Thus, the objective of this study was to evaluate biological and physical attributes of the soil under different usage conditions in Várzeas de Sousa, in the state of Paraíba. Sample collections were taken from Chromic Vertisol under different conditions of use (Tifton grass cultivation, pomegranate cultivation, and native vegetation) and sample depths (0-10 and 10-20 cm). The biological attributes that were analyzed were microbial diversity (colony forming units), microbial activity (basal respiration) and edaphic macrofauna (Tropical Soil Biology and Fertility). Physical characterization was performed for the attributes of textural analysis; soil density, macro and micro porosity, and total porosity, and water retention in the soil, specifically, field capacity, wilting point, and available water. According to the results obtained, it can be seen that the biological part of the overall microbial diversity was larger in the area under native vegetation, with highlights on the fungal genus *Mucor*, Gram negative bacteria, bacilli and cocci, regardless of the condition of use and depth. Microbial activity was greater in the area under Tifton hay and at superficial depth, regardless of the different uses. This area was also the one with the highest density of individuals of macrofauna, with highlights on Hymenoptera. However, diversity indexes show less diversity and equitability in it, probably due to the dominance of this group. Regarding the physical attributes, the textural analysis showed the predominance of silt and clay, micropores and low water retention capacity, regardless of the use and sample depths. The average density was higher in the sub-superficial layer.

Key Words: microorganisms, soil structure, usage.

1. INTRODUÇÃO

Os solos guardam uma abundante biodiversidade, assim como diferentes condições abióticas que interagem entre si. Ele é dividido em fase sólida, líquida e gasosa. A sólida se constitui de minerais (45 a 49%) e matéria orgânica (1 a 5%) (ARAÚJO; MELO, 2012). A fase líquida é formada por nutrientes dissolvidos, como N, P, K e Ca e água, enquanto que a gasosa é composta por componentes gasosos principais da atmosfera (ROCHA et al., 2009).

Considera-se basicamente que a parte viva do solo se constitui de pequenos animais e microrganismos (ABDULKADIR; WALIYU, 2012). Estes microrganismos presentes no solo atuam em importantes processos ambientais, como na decomposição da matéria orgânica estando, portanto, relacionados aos ciclos biogeoquímicos, dosando as quantidades de nutrientes no solo (BALOTA et al., 1998). Pequenos invertebrados também participam de importantes processos no solo, participando também da decomposição, ao realizarem rearranjo de detritos e sua desintegração (SOUTO, 2006). Fatores abióticos, como os atributos físicos, estão bastante relacionados as atividades desses organismos edáficos interagindo, afetando e sendo afetados por essas atividades.

Sendo assim, o solo é um ambiente estruturalmente definido. Mas, com a crescente demanda populacional da atualidade, o uso intensivo e desordenado do solo vem ocasionando consideráveis desequilíbrios neste ambiente, despertando para formas sustentáveis de uso e manejo do solo. Dentre as formas de manejo, a agricultura orgânica é um método, considerado sustentável e, que vem sendo adotada, sendo a Agricultura Biodinâmica uma vertente desta agricultura (PENTEADO, 2003).

Porém, qualquer prática agricultável, mesmo as práticas agrícolas conservacionistas, pode afetar a biota em diferentes graus, tornando o monitoramento da qualidade do solo sempre importante (RIEFF, 2010). Ainda, mesmo nestes tipos de práticas, manejos de cultivos diferentes podem diferenciar todas as estruturas bióticas e abióticas do solo (ALMEIDA, 2012).

Assim, estudos de indicadores biológicos e físicos, além de químicos, do solo no que se refere ao cultivo orgânico, são importantes para verificação da sustentabilidade deste tipo de manejo, reunindo parâmetros que podem nortear indicadores de qualidade do solo, auxiliando na avaliação da produtividade, monitoramento de mudanças ambientais e ainda, em iniciativas governamentais de políticas agrícolas (LIMA et al., 2007).

Objetivos

Geral

Avaliar os atributos biológicos e físicos do solo sob diferentes condições de uso nas Várzeas de Sousa (PB)

Específicos

Avaliar atributos biológicos e físicos em áreas sob cultivo de romã (*Punicata granatum* L.), capim tifton (*Cynodon spp*) e vegetação nativa;

Avaliar os atributos biológicos e físicos em diferentes profundidades em Vertissolo sob usos distintos;

Aferir sobre possíveis relações dos parâmetros avaliados, com a qualidade do solo nos diferentes tipos de uso.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Diversidade Microbiana do Solo

O solo pode abrigar em uma grama, até 10 bilhões de microrganismos, distribuídos em milhares de espécies diferentes, tornando-o um habitat extremamente diversificado em microrganismos, e ao mesmo tempo desconhecido (SOUTO, 2006). Entre a biodiversidade microbiana dos solos fungos, Eubactérias e Archaea representam de 75-98% (KASCHUK et al., 2010). Segundo Abdulkadir e Waliyu (2012) as bactérias compreendem o grupo mais abundante da microbiota do solo. Estima-se que em cada grama de solo existam milhões delas (TORTORA et al., 2012). Estas, juntamente com os fungos são formadoras de altas quantidades de biomassa e atividade metabólica de respiração (SOUTO, 2006). Porém, diferentes espécies vegetais alteram de modo particular o crescimento dos microrganismos no solo, uma vez que cada uma determina o tipo de resíduo e sua qualidade, quantidade e durabilidade (VARGAS; SCHOLLES, 2000). Sendo assim, o tipo de vegetação que compõe determinado ambiente, influencia de forma particular a estrutura das comunidades microbianas (ECM) do solo (WIELAND et al., 2001). Assim como também, as diferentes formas de manejo e uso do solo alteram e fazem alternar estas populações, de acordo com as necessidades e capacidade de desenvolvimento de cada grupo, como algum incremento poder gerar competição distribuindo estas comunidades de diferentes formas em diferentes épocas (BORGES; MACHADO, 2013).

Neste sentido, a diversidade microbiana é amplamente utilizada como bioindicadora de alterações ocorridas no solo a partir de diferentes manejos, e consequentemente fazer aferições sobre a qualidade deste (LIMA et al., 2014; MALUCHE-BARETTA, 2007). As formas de medir essa complexa e enorme biodiversidade microbiana são variáveis e dependem do contexto que se pretende avaliar, sendo feita apenas por formas mais tradicionais (FRAGA et al., 2012; MONTEIRO, 2012) ou à níveis moleculares (LIMA, 2011; MALUCHE-BARETTA, 2007).

Contudo, nos habitat naturais raramente os microrganismos se encontram isolados, ou seja, em cultura pura. Devido a isso, se torna necessário o uso de técnicas de isolamento, para separar os diferentes tipos de microrganismos contidos

nesse ambiente, e assim identificá-los. Uma das formas mais tradicionais e frequentes de se isolar estes organismos é pelo método de diluição seriada de suspensão de solo, com inoculação em placas de Petri para contagem de Unidades Formadoras de Colônia (UFC), permitindo obtenção de isolados não só mais gerais como alguns específicos, como solubilizadores de fosfato (PEREIRA et al., 1996).

Segundo Nogueira e Miguel (2009) ao se isolar fica possível identificar o tipo específico de microrganismo de determinada amostra, chegando assim as suas características. Para um isolamento e cultivo adequado há a necessidade da escolha do melhor meio de cultura a ser utilizado, e para isso deve-se levar em consideração determinados fatores. Os fatores primordiais são: levar em consideração as características do local de origem da amostra a ser analisada; o tipo de espécie que se supõe encontrar na amostra; as necessidades de nutrição do determinado organismo que se pretende analisar (NOGUEIRA; MIGUEL, 2009).

2.2. Atividade Microbiana do Solo

A atividade microbiana é de importância considerável de se avaliar por possibilitar detectar a atividade potencial dos microrganismos no solo, ao fornecer os aspectos quantitativos da biomassa microbiana do solo (BMS) (ZILLI et al., 2003). Valores de carbono da biomassa microbiana (CBMS) em um solo revelam o potencial de reserva de carbono (GAMA-RODRIGUES et al., 1997), onde a atividade desta é comumente averiguada através da evolução do C-CO₂, podendo refletir sua capacidade de decomposição (LOURENTE et al., 2011; PADILHA et al., 2014).

A boa produtividade de sistemas agrícolas depende, em boa parte, das transformações ocorridas na matéria orgânica (ARAÚJO; MELO, 2012), sendo os indicadores microbiológicos relacionados a esta, um parâmetro que deve ser levado em consideração. Lisboa et al. (2012), ao avaliarem diversos atributos do solo em diferentes manejos, verificaram que a atividade respiratória foi maior em sistema de plantio direto e campo nativo, comparado ao sistema manejado de forma tradicional e ainda, foi verificada pouca diferença entre o sistema de plantio direto e campo nativo, sugerindo uma correlação deste tipo de manejo com a forma natural do solo, no estudo citado.

As diferentes profundidades do solo também podem apresentar variações nas atividades microbianas, podendo ainda essa diferença ser motivada pelo tipo de uso ou manejo do solo (VARGAS; SCHOLLES, 2000).

Sendo assim, a respiração microbiana é um dos métodos mais classicamente utilizado para medir a atividade dos microrganismos, sendo representada pela oxidação da matéria orgânica (MO) pelos microrganismos aeróbios, onde haverá utilização de O₂ como aceptor final de elétrons e liberação de CO₂ (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Segundo os mesmos autores, a avaliação da respiração microbiana através da produção do CO₂ pode ser mensurado através de condutividade elétrica ou titulação, sendo capturado por KOH ou NaOH.

Trabalhos vêm sendo utilizados para averiguação de qualidade do solo utilizando, entre outros fatores, a respiração microbiana pela evolução de carbono, proveniente desta atividade metabólica (LOURENTE et al., 2011; PEREIRA et al., 2007; VINHAL-FREITAS et al., 2010).

2.3. Macrofauna do Solo

A macrofauna do solo é compreendida pelos maiores invertebrados do solo (LAVELLE et al., 1997), classificados de acordo com o tamanho corporal em organismos maiores que 10 mm (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Possuem diversas e importantes funções no solo e atuam como importantes fragmentadores da matéria orgânica, devido ao seu tamanho (AQUINO, 2001), sendo considerados como “engenheiros do ecossistema” os organismos dos grupos Oligochaeta (minhocas), Isoptera (cupins), e em certo grau, Hymenoptera (formigas) e grandes artrópodes, além de manterem a qualidade física estrutural do solo, através de suas atividades (LAVELLE et al., 1997). Atividades estas relacionadas à construção de galerias, ninhos, câmaras e coprólitos, conhecidas como estruturas biogênicas, que ao interferirem na estruturação física e degradação da matéria orgânica, acabam por auxiliar também na disponibilidade de nutrientes para as plantas e outros organismos, havendo constatação de melhorias de desenvolvimento de determinadas características de cultura de milho na presença de minhocas (FIUZA et al., 2012).

Sendo assim, os grupos taxonômicos (ordens) que compreende a macrofauna do solo são representados principalmente por Oligochaeta, Hymenoptera, Isoptera,

Coleoptera, Blattodea, Isopoda, Diplopoda, Chilopoda, Araneae, entre outros (AQUINO, 2001), consideradas ordens “engenheiros do ecossistema” as que tendem a ser as mais representativas em diferentes estudos (BATISTA et al., 2014; KLENK, 2014; ROUSSEAU et al., 2014).

Possíveis alterações ambientais podem indicar mudanças estruturais em comunidades de macrofauna (AQUINO, 2001), sendo o acompanhamento de sua densidade na fauna edáfica bastante estudada para atribuições de qualidade do solo. Assim, maiores densidades de fauna invertebrada edáfica têm sido associada a manejos conservacionistas, além de neste sistema se apresentarem melhor representados em camada superficial (LIMA et al., 2007), onde diferentes manejos e usos do solo podem alterar não só as densidades, mas a distribuição destas comunidades de acordo com diferentes condições e necessidades das mesmas (BATISTA et al., 2014).

Porém, ao se medir índices de diversidade, algumas vezes maior densidade pode corroborar para uma baixa diversidade, devido a dominância de um único grupo (SOUTO et al., 2008), sendo importante o uso desses índices para melhor interpretação da presença de diferentes grupos nos estudos que se pretende conduzir.

2.4. Interações entre atributos abióticos e bióticos do solo

A parte física textural do solo é representada por partículas com tamanhos variados, sendo estas a areia, silte e argila, componentes intrínsecos ao solo que, portanto não varia. Propriedade esta bastante relacionada com seu valor econômico, uma vez que influencia em diferentes aspectos do solo, como a dinâmica da água (KLEIN, 2008).

A densidade do solo, por sua vez, pode ser definida como o quociente de sua massa de sólidos pelo volume total, e é afetada por diferentes cultivos, que alteram a estrutura e, conseqüentemente, o volume e arranjo dos poros (KLEIN, 2006).

Para Lourente et al. (2011) a qualidade física relacionada ao não revolvimento do solo, e conseqüente maior qualidade deste, esta relacionado, entre outros atributos, a maior estabilidade de agregados, melhor porosidade, maior capacidade de retenção de água, aeração, além de diminuição da densidade, ocasionada pela maior presença de matéria orgânica.

Entre essas estruturas e a biota edáfica há diversas e complexas interações. Portanto, o solo como habitat permite uma peculiar interação entre diferentes organismos, com diferentes metabolismos, uma vez que este ambiente é altamente dinâmico e complexo, com particularidades químicas, biológicas e físicas, que se inter-relacionam sendo esta última, por exemplo, a variação no tamanho dos poros, que permite melhor atividade microbiana, retenção de água e penetração das raízes, atributos estes relacionados a boa qualidade do solo (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Temperatura, pH e o teor de umidade também são importantes atributos para se levar em consideração (ARAÚJO; MELO, 2012).

Bactérias e fungos podem se distribuir de forma diferenciada nos poros do solo. Os poros com tamanho em torno de 2 a 6 μm são mais encontrados bactérias, que conseguem adentrar estas proporções do poro, enquanto os fungos só conseguem se instalar em poros maiores (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

Um bom exemplo da interação entre a biota e os atributos físicos é o fato da biomassa microbiana presente no solo atuar na melhoria dos componentes físicos deste, onde as hifas atuam como partículas físicas de agregação, além de produzir agentes cimentantes, sendo estes polissacarídeos e substâncias húmicas, resultados da decomposição da matéria orgânica pela BMS, formando os macroagregados (TISDALL; OADES, 1982). Tal agregação influencia em importantes processos no solo, como no aumento de infiltração e retenção de água e na porosidade, sendo um bom indicador de disponibilidade de água para a cultura e transporte de nutrientes (ARAÚJO; MELO, 2012).

A macrofauna do solo também estabelecem diversas interações com os atributos físicos do solo. Incorporam matéria orgânica para o perfil do solo, ao deslocarem para dentro de agregados ou em suas galerias, os resíduos que ficariam apenas na superfície (BOTTINELLI et al., 2015; TISDALL; OADES, 1982), ou utilizando seus próprios excrementos metabólicos, como saliva e/ou muco intestinal, para afetar mais superficialmente ou muitas vezes profundamente a estrutura física dos agregados do solo (BOTTINELLI et al., 2015).

Portanto, um dos principais motivos para serem considerados “engenheiros do solo” é devido suas capacidades transformadoras nas estruturas e componentes do solo. Os principais representantes desses engenheiros são as minhocas e cupins, devido as suas maiores capacidades de transformações na estrutura física

do solo, de estabilização da matéria orgânica através de suas excreções, além da pedogênese em grande escala de tempo (LAVELLE, 1997). Os mesmos autores, apesar de enfatizar que as transformações mais importantes da matéria tanto orgânica quanto inorgânica são realizadas por microrganismos, argumentam da dependência destes microrganismos sobre invertebrados maiores para transportá-los para diferentes substratos, além das influências diretas ou indiretas destes organismos sob os microrganismos, como predação e modificações físicas e químicas de detritos orgânicos.

Isso afeta também em estratégias de adaptação dos microrganismos, que acabam ficando muitas vezes dormentes por impossibilidade de se locomover para outros substratos imediatamente, ficando na dependência desses organismos maiores. As atividades da macrofauna são bastante relacionadas com as atividades microbianas, e todas estas comunidades de organismos juntamente com as raízes de plantas possuem capacidade de influenciar processos imprescindíveis do solo, como a manutenção e formação da estrutura, e abastecimento de água e nutrientes para os vegetais (LAVELLE, 1997).

Sendo assim, estes componentes são altamente relacionados e interligados, construindo juntos, com suas particularidades, o contexto total do solo sendo, portanto bastante utilizados como parâmetros para medir a sua qualidade, sob diferentes usos (LOURENTE et al., 2011).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área de coleta

As amostras de solo utilizadas neste estudo foram coletadas na Fazenda Águas de Tamanduá, no Perímetro Irrigado Várzeas de Sousa, localizada no município de Sousa (PB), mesorregião do Sertão Paraibano. A região possui características de precipitação média anual de 783,9 mL (SUDENE, 1990), clima Quente, semiárido, tropical nordeste oriental, com 7 a 8 meses secos (IBGE, 2002). Seu bioma predominante é a Caatinga. Na área em estudo predomina Vertissolo Cromado (EMBRAPA, 2006).

A referida fazenda foi implantada em 2008, praticando desde então agricultura e pecuária Biodinâmica, possuindo selo de certificação do Instituto Biodinâmico de Desenvolvimento Rural de Botucatu (IBD).

3.2 Amostragem

Foram coletadas amostras de solo nas áreas de cultivo de romã (*Punica granatum* L.), capim tifton (*Cynodon spp*) e vegetação nativa (Figura 1).



Figura 1. Áreas de amostragem sob diferentes condições de uso: a) Capim tifton; b) Cultivo de romã; c) Vegetação nativa.

Para cada condição de uso foram coletadas 10 (dez) amostras deformadas e indeformadas, sendo 05 (cinco) na camada de 0-10 cm e 05 (cinco) na camada de 10-20 cm de profundidade, totalizando 30 (trinta) amostras.

As amostras, em cada uso do solo, foram coletadas em uma área representativa de 1 ha.

Posteriormente foram realizados análises de atributos no Laboratório de Microbiologia, do Departamento de Ciências Biológicas, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba – DCB/CCA/UFPB. Os atributos físicos foram analisados no Laboratório de Física do Solo, do Departamento de Solos e Engenharia Rural, da mesma instituição.

3.3. Caracterização biológica

3.3.1. Atividade microbiana

A atividade microbiana foi medida pelo método de respiração basal (VANCE et al., 1987; adaptado por MARTINS, 2015). Foram pesadas 32g de solo de cada amostra e colocadas em frascos de vidro transparentes, com tampa hermética e capacidade de 50 mL. Foi adotado tratamento testemunha sem adição de solo. Em cada frasco, foi colocado um recipiente contendo 4mL de Hidróxido de sódio 0,5 M (NaOH), para a captura do CO₂, mantido fechado e sob temperatura ambiente (em

torno de 28°C), em local escuro – para reprodução mais fiel da dinâmica dos microrganismos no solo. Após período de sete dias de incubação, procedeu-se a titulação com HCl (0,1 M), previamente padronizado com ácido fitálico. Porém, antes da titulação, foi adicionada 3mL de solução de BaCl₂ 20% em erlenmayer devidamente identificado para cada amostra e então, imediatamente antes da titulação foi misturado os 4 mL de NaOH ao BaCl₂ 20% nos mesmos erlenmeyers devidamente identificados e adicionado uma gota de fenolftaleína.

3.3.2. Avaliação da Diversidade Microbiana

A avaliação do número de fungos e bactérias foi determinada por meio de unidades formadoras de colônias (UFC) utilizando-se o método de inoculação de suspensões diluídas de solos em meio de cultura BDA (Batata – Dextrose – Ágar), com três repetições por diluição para cada amostra de solo, de cada área e profundidade estudada. De cada amostra coletada no campo, pesou-se 10 g de solo, diluindo em erlenmeyer juntamente com 90 mL de solução salina e então homogeneizada manualmente por um período de 20 minutos. Da primeira diluição, foi pipetada 1,0 mL para um tubo de ensaio contendo 9mL de solução salina, sendo esse procedimento realizado até alcançar a diluição 10⁻⁵. Na preparação do meio de cultura, foi adicionado 1,0 g de antibiótico (sulfato de gentamicina), quando destinado à contagem do número de colônias de fungos, e 1,0 g de fungicida (grupo químico benzimidazol), quando destinado à contagem do número de colônias de bactérias. O plaqueamento do meio de cultura foi feito com o auxílio de micropipeta de 100 µL, em capela, com placas de Petri devidamente esterilizadas. As placas com os meios inoculados foram incubados em estufa com temperatura constante de 28°C e avaliados diariamente até o 15º dia para fungos, e até o 7º dia para bactérias – realizando assim a contagem de UFC fúngicas e bacterianas.

Além da contagem de UFC, para bactérias foi realizado o teste de Gram, utilizando o conjunto para coloração de Gram LABORCLIN. A coloração de Gram classifica as bactérias em dois grandes grupos, as Gram positivas e Gram negativas. O material fixado em lâmina foi submetido à ação da solução de Violeta Genciana, que corou todas as estruturas presentes. Na segunda etapa, a exposição ao lugol garantiu que as bactérias Gram positivas fixassem a violeta, formando um composto, a iodo-para-rosanilina, que resisti à ação da solução descorante. Por último, para

corar as demais estruturas, usou-se a fucsina fenicada de Gram, que conferiu uma coloração avermelhada às bactérias Gram negativas e demais estruturas. Portanto, as células microbianas que apresentaram coloração púrpura escura foram consideradas Gram positivas ao passo que as coradas em tonalidade avermelhada, Gram negativas.

Em relação aos fungos, estes foram classificados por gênero com consulta aos sites internacionais: Culture Collection of Arbuscular Micorrhizal Fungi; Mycology Online; Center for Invasive Species and Ecosystem Health; Microbiology and Immunology On-Line; Fungi of Great Britain and Ireland; Mycota; Fung al contaminants of cultural heritage. Procedimento realizado de acordo com Martins (2015).

3.3.3. Macrofauna

A coleta da macrofauna do solo ocorreu utilizando-se o método do TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility) (ANDERSON; INGRAM, 1993). O método é bastante simples, sem necessitar de qualquer equipamento para extração dos animais do solo. As seguintes etapas foram feitas: 1) retirada de blocos de solo; 2) extração manual dos animais; 3) conservação dos animais; 4) contagem e identificação dos animais.

As densidades de indivíduos das ordens identificadas foram submetidas a medição dos índices de diversidade de Shannon (H) e Equitabilidade (J), utilizando o programa PAST versão 3.0. Os índices foram trabalhados tanto de forma geral para cada área, quanto em cada profundidade, para cada uma das três áreas.

3.4. Caracterização física do solo

3.4.1. Análise granulométrica do solo

Para análise granulométrica das amostras, foi verificada a distribuição de diâmetro de partículas primárias, de acordo com o método de Densímetro (Hidrômetro de Bouyoucos) (EMBRAPA, 2011), utilizando o hidróxido de sódio (NaOH – 1N) como agente dispersante acompanhado de agitação mecânica.

3.4.2. Densidade, microporosidade, macroporosidade e porosidade total do solo

Para análise destes parâmetros, em laboratório, as amostras foram saturadas com água destilada por um período de 48 horas, e colocadas sob tensão de -6 kPa em mesa de tensão. Ao se estabilizar o peso na mesa, as amostras foram secas em estufa a 105° C, até peso constante. Após obtenção dos pesos saturado, seco e depois do equilíbrio a 6kPa, procedeu-se a determinação da densidade, microporosidade, macroporosidade e porosidade total do solo, baseado em EMBRAPA (2011).

3.4.3. Retenção de água no solo

Para cada condição foram determinados os principais pontos da curva de retenção de água definidos como capacidade de campo do solo (33 KPa) e ponto de murcha permanente (1500 KPa) e com isso foi determinado a disponibilidade total de água no solo (EMBRAPA, 2011).

3.5. Caracterização de química e fertilidade do solo

Tabela 1. Valores médios químicos e de fertilidade de Vertissolo Cromado sob diferentes condições de uso.

Área	pH ¹ (1:2,5)	pH ²	P mg Kg ⁻¹	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al	H+Al	Na ⁺	SB	CTC	V	m	M.O.
----- mmol _c Kg ⁻¹ -----														
0-10														
CT	7	5,9	37	19,9	233	86	<1	<10	11	349,9	351,9	99	0	18
RM	6,7	5,6	45	10,8	236	72	<1	<10	11	329,8	331,8	99	0	13
VN	6,6	5,7	6	5,6	174	87	<1	<10	6	272,6	279,6	97	0	16
10-20														
CT	7,2	6,1	32	14,9	242	84	<1	<10	12	352,9	354,9	99	0	11
RM	7	6	45	8,6	209	73	<1	<10	15	305,6	307,6	99	0	8
VN	6,8	5,4	4	3,8	165	78	<1	11	10	256,8	267,8	96	0	11

CT: capim tifton; RM: romã; VN: vegetação nativa; pH¹: pH H₂O; pH²: pH KCl; SB: soma de bases trocáveis; CTC: capacidade de bases trocáveis; V: saturação da CTC por bases; m: saturação por alumínio.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Atributos Biológicos

4.1.1. Diversidade Microbiana

As avaliações de diversidade microbiana, realizadas através das Unidades Formadoras de Colônias (UFC), mostraram maiores para os fungos em todas as áreas e profundidades. Souto et al. (2008) ao avaliarem as comunidades

microbianas de solo na Caatinga também obtiveram maiores populações de fungos, especialmente nos períodos mais secos.

Entre esses diferentes usos e profundidades estudados, a área de capim tifton foi a que apresentou maior número de UFC bacterianas, com média de $9,9 \times 10^4$ UFC.mL⁻¹ na camada subsuperficial. Já para os fungos, estes foram mais representativos na área sob vegetação nativa, o que elevou a densidade total, tornando a área que se apresentou com maior quantidade geral de UFC, com contagens médias entre $4,5 \times 10^4$ UFC.mL⁻¹ para bactérias e $2,9 \times 10^6$ UFC.mL⁻¹ para fungos (Tabela 2), destacando também a camada subsuperficial. Em contraste, Lima et al. (2014), em estudo de solo sob Caatinga arbórea (natural) de unidade de conservação, obtiveram valores médios maiores para bactérias totais e menores para fungos filamentosos.

Tabela 2. Contagens médias de unidades formadoras de colônias em Vertissolo Cromado sob diferentes condições de usos e profundidades.

Áreas	Bactérias		Fungos	
	Profundidade (cm)			
	0-10	10-20	0-10	10-20
	UFC.mL ⁻¹			
Capim tifton	4,2x10 ⁴	9,9x10 ⁴	1,0x10 ⁵	2,6x10 ⁶
Romã	5,8x10 ⁴	4,1x10 ⁴	1,4x10 ⁶	4,5x10 ⁴
Vegetação nativa	1,3x10 ⁴	4,5x10 ⁴	3,9x10 ⁵	2,9x10 ⁶

As diferentes profundidades mostraram maiores densidades gerais na camada subsuperficial, tanto para bactérias quanto para fungos. Considerando os diferentes usos do solo individualmente, apenas a área sob cultivo de romã não seguiu esse padrão, apresentando maiores concentrações na camada superficial, para fungos e bactérias.

Em relação aos grupos de fungos, foram classificados onze (11) gêneros diferentes (Tabela 3), sendo os grupos *Acremonium*, *Aspergillus*, *Mucor* e *Cladosporium* os que mais se destacaram (Figura 2). Fraga e Pereira (2012), atenta para o fato do gênero *Aspergillus* ocorrer em grande quantidade de ambientes, pelo seu rápido crescimento e grande produção de estruturas reprodutoras. O gênero *Mucor* teve grande abrangência, aparecendo em todas as áreas estudadas, ao

menos em uma das duas profundidades analisadas. Este gênero possui ampla diversidade metabólica, fisiológica e morfológica (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Em relação aos diferentes usos, as áreas de capim tifton e vegetação nativa também tiveram predominância do gênero *Mucor*, enquanto a área de romã apresentou três gêneros em destaque, sendo estes *Cladosporium*, *Aspergillus* e *Mucor*.

Tabela 3. Ocorrência de grupos (gêneros) de fungos classificados em diferentes condições de uso e profundidades em Vertissolo Cromado.

Grupos	Áreas					
	Capim Tifton		Romã		Vegetação Nativa	
	Profundidade (cm)					
	0-10	10-20	0-10	10-20	0-10	10-20
	-----%					
<i>Acremonium</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Mucor</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Fusarium</i>	x		x		x	x
<i>Cladosporium</i>	x		x	x	x	
<i>Alternaria</i>	x		x	x	x	x
<i>Aspergillus</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Trichoderma</i>	x	x	x	x	x	
<i>Metarhizium</i>		x	x	x		x
<i>Paecilomyces</i>	x	x	x			
<i>Lecanicillium</i>	x					
<i>Gliocladium</i>				x		

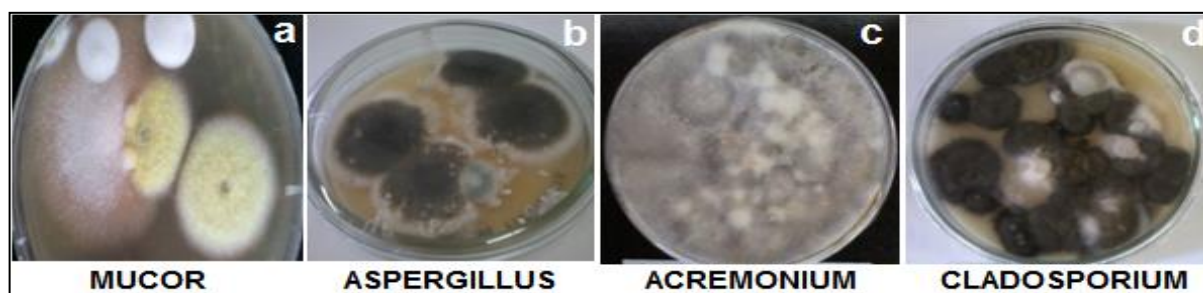


Figura 2. Colônias de fungos dos gêneros *Mucor* (a), *Aspergillus* (b), *Acremonium* (c) e *Cladosporium* (d), identificados sob diferentes condições de uso e profundidades em Vertissolo Cromado.

O gênero *Mucor* teve também predominância nas profundidades estudadas, considerando todos os usos do solo. Em todas as áreas, a camada mais profunda houve predominância apenas deste gênero. Já na camada superficial apesar deste gênero também se destacar, outros obtiveram considerável destaque, como

Aspergillus e *Acremonium* em área sob vegetação nativa e *Aspergillus* e *Cladosporium* em área sob romã (Figura 3). Os três grupos de menor ocorrência (*Paecilomyces*, *Lecanicillium* *Gliocladium*), só foram encontrados nas áreas de cultivo, não ocorrendo na área de sob vegetação nativa. Porém, Martins (2015) obteve o gênero *Lecanicillium* em Caatinga preservada de Luvisolo e Neossolo.

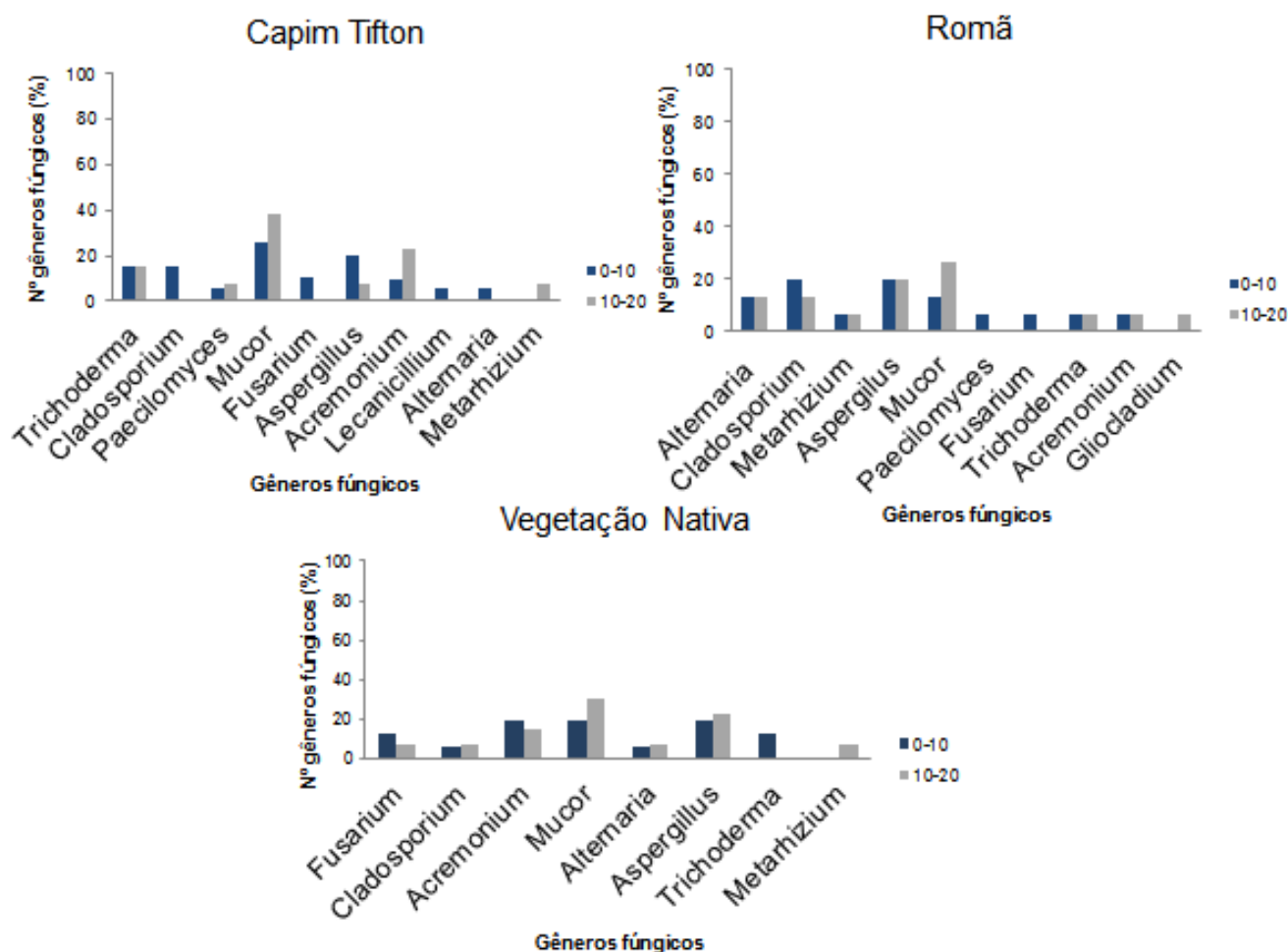


Figura 3. Porcentagens de gêneros fúngicos identificados em Vertissolo Cromado sob diferentes condições de uso e profundidades.

Observando-se a Figura 4, os caracteres analisados para as bactérias mostraram predominância de Gram negativas com pouca evidência de Gram positivas. Porém, estas últimas se fizeram presentes em pelo menos uma das profundidades, com a área de capim tifton apresentando densidade levemente superior em comparação as demais áreas. O tipo morfológico mais predominante foram os bacilos, seguido de cocos. Menos expressivos, também ocorreram tipos

variáveis de cocos e bacilos, sendo estes estafilococos, estreptococos e estreptobacilos. Stieven et al. (2009) também observaram predomínio de Gram negativas, e formas de bastonetes e cocos, enfatizando que tais bactérias são as representantes de maior abundância e diversidade entre os microrganismos do solo.

Em relação às profundidades, a camada superficial apresentou maior concentração de bacilos, ficando a camada subsuperficial com representatividade uniforme entre as duas formas morfológicas. As variações de cocos e bacilos apenas ocorreram nas camadas superficiais. A área sob vegetação nativa foi a única a apresentar Gram positivas nas duas camadas.

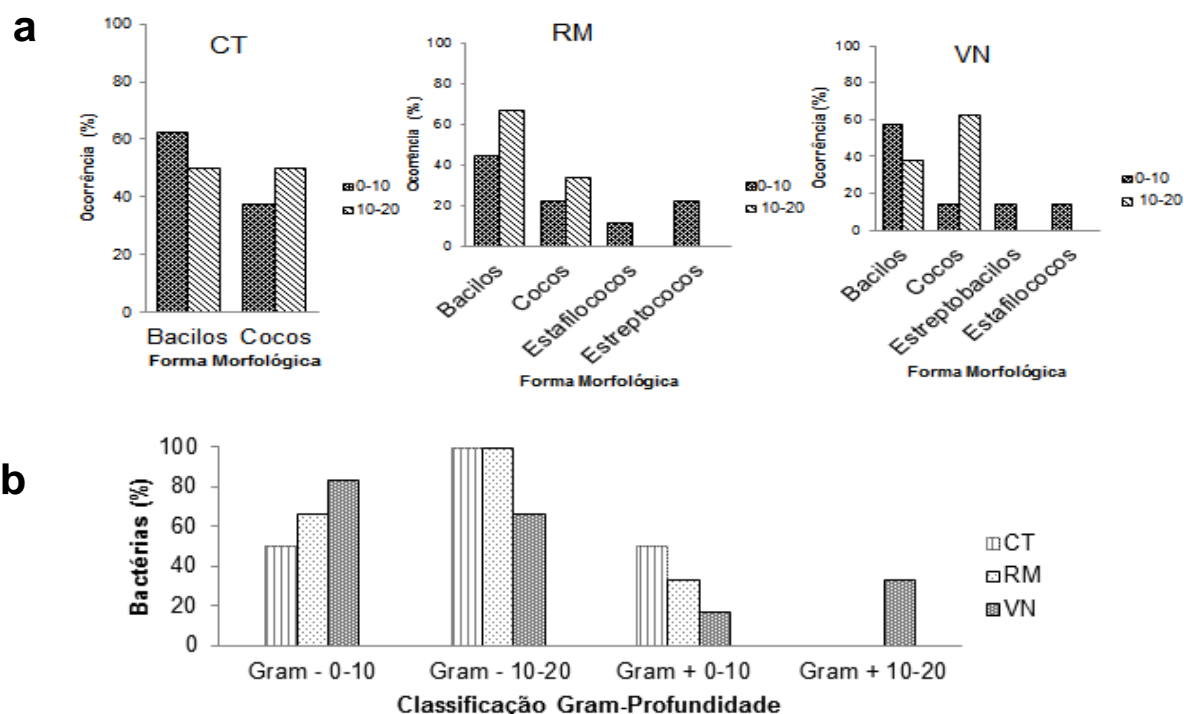


Figura 4. Porcentagens das densidades de bactérias quanto a formas morfológicas (a) e classificação de Gram negativas (Gram -) e positivas (Gram +) (b), em diferentes condições de uso (CT - capim tifton, RM - romã e VN - vegetação nativa) e profundidades de amostragem (0-10 e 10-20 cm).

Vale salientar que no presente trabalho o uso de meio não específico para o crescimento dos microrganismos analisados impede conclusões mais aprofundadas sobre a predominância das populações (MARTINS, 2015), além deste método proporcionar apenas uma análise inicial da diversidade microbiana, fazendo-se

necessário estudos mais aprofundados sobre a diversidade genética, através de análises moleculares na área do estudo.

4.1.2. Atividade Microbiana

A atividade microbiana do solo, medida pela respiração basal, se mostrou mais elevada na área sob cultivo de capim tifton em ambas as profundidades (Tabela 4). Isso pode estar relacionado ao fato de nesta área ter ocorrido maiores taxas de matéria orgânica (Tabela 1). Carvalho et al. (2008) observaram crescente respiração do solo ao incremento de material orgânico de serapilheira. Além disso, esta gramínea possui sistema radicular bastante abrangente, que aumenta a área rizosférica do solo sob esse cultivo. Essa cultura também apresenta a característica de ser perene, tendo seu efeito no aumento de fitomassa do solo comprovada por Wendling et al. (2005). Por tanto, esses fatores podem ter contribuído para melhores condições de desenvolvimento para os microrganismos, e consequentemente aumentando sua atividade na referida cultura.

Tabela 4. Médias de atividade microbiana, medida pela respiração basal, de Vertissolo Cromado sob diferentes condições de uso e profundidades.

Áreas	Respiração	
	<u>Profundidades (cm)</u>	
	0-10	10-20
	----- mg C-CO ₂ Kg ⁻¹ solo -----	
Capim tifton	243	189
Romã	227	123
Vegetação nativa	118	90
Desvio padrão	78	57

Em relação às profundidades, a camada superficial apresentou maior taxa de respiração, em todos os usos estudados. Silva et al. (2010) também obtiveram maiores valores de respiração basal na camada superficial, na grande maioria dos sistemas de manejo do solo avaliados.

A área sob vegetação nativa foi a que apresentou menores taxas de atividade respiratória. Isso pode estar relacionado ao tipo de manejo empregado nas áreas

cultivadas, que emprega técnicas conservacionistas, como o não revolvimento do solo e adubação orgânica, influenciando no maior aporte de matéria orgânica, levando a um maior incremento de C, contribuindo para aumento na atividade microbiana (BRADFORD; PETERSON, 2000), de tal modo que superou os incrementos naturais ocorridos na área de vegetação nativa. Vinhal-Freitas et al. (2010) obtiveram níveis mais elevados de respiração microbiana em solos que receberam diferentes quantidades de composto orgânico, comparando-se a amostra controle que não recebeu nenhum incremento.

Entretanto, Lisboa et al. (2012) ao avaliarem a qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo, a comparação entre campo nativo (CN) e sistema com plantio direto (PD) não obteve diferença significativa na atividade respiratória dos microrganismos. Os mesmos autores concluíram que, em termos de respiração microbiana, existiu equivalência entre estes sistemas no referido estudo. Já Lourente et al. (2011), obtiveram valores de respiração basal maiores em área sob vegetação nativa, comparada aos diferentes sistemas de manejo.

4.1.3. Macrofauna

No total, foram coletados 132 indivíduos, das três áreas e duas profundidades consideradas. Formas jovens e materiais não identificados somaram 42, das quais 3 (três) foram larvas de coleóptera na área de romã, incluindo as duas profundidades, 3 materiais não identificados e 36 pupas abertas e imaturas, na área com vegetação nativa, considerando as duas profundidades. A riqueza total de grupos foi de 11 (onze) ordens identificadas. A quantidade da macrofauna edáfica nos três diferentes usos seguiu a seguinte hierarquia: capim tifton > romã > vegetação nativa, onde a porcentagem geral de cada ordem, englobando esses três usos e as duas profundidades está representada na Figura 5. Sendo assim, a macrofauna coletada das três áreas diferentes se mostrou em maior destaque, em termos de quantidade de indivíduos, na área com cultivo de capim tifton. Esta apresentou 52,3% de todos os indivíduos coletados nas três áreas e duas profundidades estudadas, sendo a ordem Hymenoptera com maior densidade de indivíduos, se destacando entre as 5 (cinco) ordens identificadas na área. O solo da área de romã obteve 33,3% do total de indivíduos, tendo como Oligochaeta a ordem de destaque. Esta área obteve 7 (sete) ordens diferentes identificadas. A área de vegetação

nativa obteve apenas 14,4% do total de indivíduos coletados, tendo a ordem Isoptera em destaque, das 9 (nove) ordens identificadas.

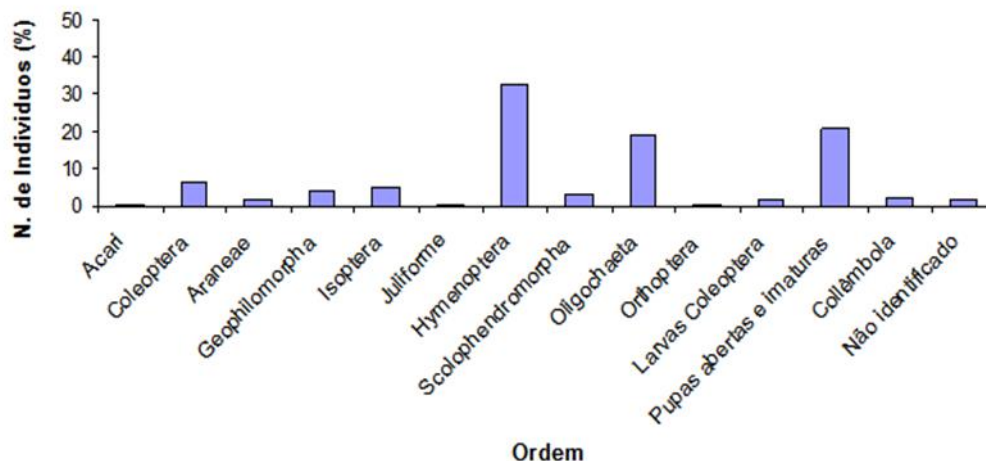
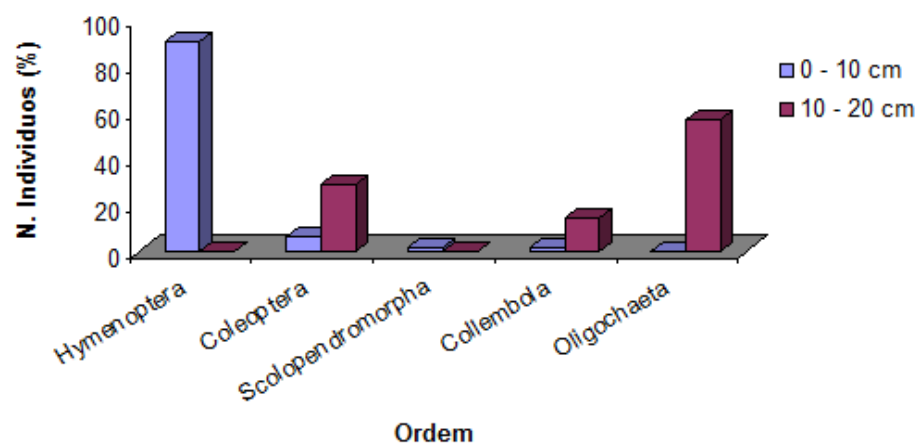


Figura 5. Quantificação e classificação da macrofauna de Vertissolo Cromado sob diferentes condições de uso em única profundidade (0 - 20 cm).

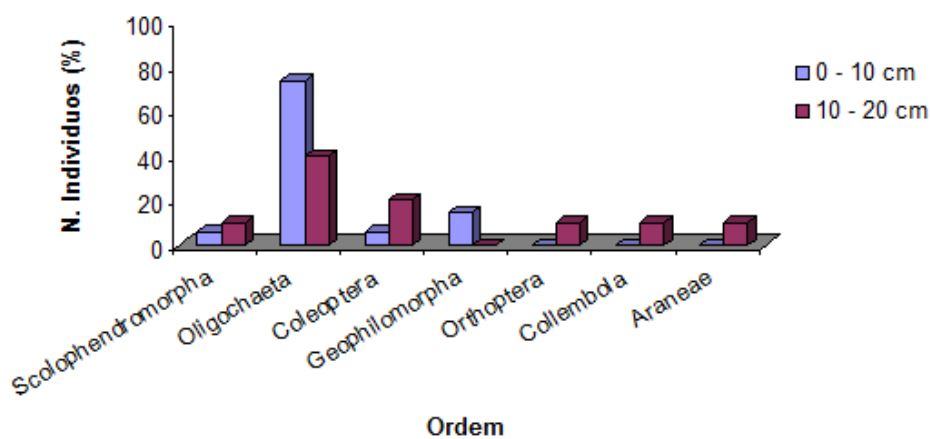
As ordens mais expressivas nas três áreas se assemelharam a diversos estudos de fauna edáfica, que obtiveram algumas destas ordens entre as que se mostraram em evidência (KLENK et al., 2014; LIMA et al., 2007; MONTENEGRO, 2012; PIMENTEL et al., 2012). A ordem de destaque na área sob vegetação nativa, se assemelhou ao estudo de Batista et al. (2014), onde o grupo Isoptera foi expressivo na área de Cerradão, ficando pouco evidenciada nas áreas com produtividade.

A ordem Hymenoptera não só se destacou na área com capim tifton, mas foi a ordem que mais apresentou densidade de indivíduos no presente estudo. Este resultado se assemelhou ao de Pimentel et al. (2012) que obteve esta ordem em maior abrangência sob cultura de melão (*Cucumis melo L.*) previamente tratada com plantas de cobertura em mistura de culturas.

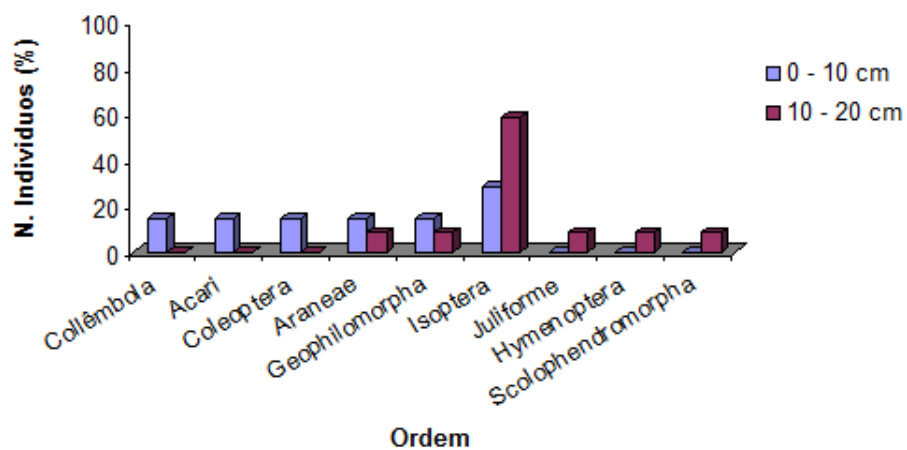
Quanto à profundidade, as áreas de capim tifton e romã apresentaram maior quantidade de indivíduos na profundidade mais superficial. Os maiores teores de matéria orgânica nesta camada (Tabela 1) pode ter contribuído para esta maior densidade na fauna edáfica. A área de vegetação nativa foi a única a apresentar maior representatividade de organismos na camada subsuperficial (Figura 6).



a



b



c

Figura 6. Quantificação das ordens identificadas nas áreas sob diferentes condições de uso: a) capim tifton; b) romã; c) vegetação nativa, sob profundidades de amostragem.

Os resultados das áreas de capim tifton e romã se assemelharam ao estudo de Lima et al. (2007) que obtiveram em torno de 80% da fauna edáfica estudada, em diferentes consórcios sob cultivo orgânico, na camada superficial. Já o fato da área de vegetação nativa ter obtido maior densidade total na camada mais profunda pode ser explicada, de certa forma, por esta área não receber incrementos de uma forma mais ativa e regular na camada superficial, como é feita nas áreas com produção orgânica, ficando toda biota desta, completamente condicionada aos efeitos naturais do ambiente, como por exemplo, efeitos sazonais da temperatura e pluviosidade. Este fato pode ser de certo modo, sustentado pela área de capim tifton, que obteve o maior teor de matéria orgânica (Tabela 1), fato que pode ter proporcionado melhores condições de nutrientes para a macrofauna, sendo ainda a que apresentou maior número total de indivíduos classificados.

Os índices de diversidade dos grupos identificados nas áreas estudadas, obtidos através do índice de Shannon (H) e de Equitabilidade (J), revelaram menor diversidade nas áreas que obtiveram maiores densidades de organismos (Tabela 5). Portanto, a área sob cultivo de capim tifton foi a que apresentou os menores índices de diversidade. Quanto maior for o valor do índice de Shannon, maior poderá ser a diversidade neste ecossistema (MONTENEGRO, 2012). O índice de Shannon se relaciona com a riqueza de um ecossistema (BERTOLO, 2011). Já o índice de Equitabilidade mede a regularidade em que os indivíduos podem estar distribuídos nos grupos.

Tabela 5. Índices de diversidade de Shannon (H) e de Equitabilidade (J) para diferentes condições de uso e profundidades (cm) em Vertissolo Cromado.

Áreas	Índice Geral (0-20)		Índice por profundidade			
	Shannon (H)	Equitabilidade (J)	0-10		10-20	
			Shannon (H)	Equitabilidade (J)	Shannon (H)	Equitabilidade (J)
Romã	1,181	0,6069	0,8413	0,6069	1,609	0,8982
Capim Tifton	0,7109	0,4417	0,4019	0,2899	0,9557	0,8699
Vegetação nativa	1,758	0,8	1,748	0,9755	1,35	0,7533

O índice de Equitabilidade contribuiu para validar o fato de que o menor valor de Shannon na área de capim tifton pode estar associado a grande dominância de uma única ordem, Hymenoptera, o que elevou bastante sua densidade total de indivíduos, diminuindo os índices de diversidade para esta área. Pimentel et al. (2012) também obtiveram índices de diversidade inversamente proporcional a densidade, onde altas densidades também foram associadas a formigas, principalmente. Percebe-se então, que no tipo de uso que sofre menos alterações foi a que se apresentou com maior diversidade, embora a densidade de indivíduos tenha sido baixa.

Este padrão foi seguido quanto às profundidades de cada área, ocorrendo o mesmo principalmente na área de capim tifton, na camada superficial, uma vez que a ordem dominante em questão se concentrou nesta camada.

4.2. Atributos Físicos

As análises físicas mostram maiores quantidades médias de silte, independente dos usos e profundidades estudadas. A camada superficial apresentou-se com maior quantidade de silte na área sob vegetação nativa, seguido da área com cultivo de romã. A área de capim tifton, nesta camada, apresentou maior teor de argila. Na camada subsuperficial, a mesma tendência foi observada, com exceção da área de capim tifton, que nesta camada apresentou maior teor de silte. O teor de areia foi inferior em todas as áreas e profundidades de amostragem (Tabela 6).

As condições granulométricas, portanto, não ocasionaram alterações consideráveis na textura do solo em função dos diferentes manejos, ficando a classificação textural entre Franco Argilosa e Argila. Com isso, o teor de areia foi inferior, independente dos usos e profundidades. Isso reflete no espaço poroso e retenção de água.

Sendo assim, a textura é considerada um dos principais indicadores da qualidade e produtividade dos solos (COX; LINS, 1984), ao afetar importantes processos edáficos, como a dinâmica de água no solo (KLEIN, 2008).

Tabela 6. Análise granulométrica e classificação textural de Vertissolo Cromado sob diferentes condições de uso e profundidades de amostragem.

Uso	Profundidade	Classe Textural			Classificação Textural
		Areia	Silte	Argila	
	- cm -	----- g kg ⁻¹ -----			
Romã	0 - 10	274	380	346	Franco Argilosa
Capim Tifton		232	343	425	Argila
Vegetação nativa		258	460	282	Franco Argilosa
Média		260	386	354	
Romã	10 - 20	356	365	279	Franco Argilosa
Capim Tifton		336	354	310	Franco Argilosa
Vegetação nativa		272	451	277	Franco Argilosa
Média		322	394	284	

Quanto aos atributos de densidade, macro e microporosidade, além de porosidade total, estes estão apresentados na Tabela 7. Em relação a densidade, os maiores valores médios absolutos mostraram que a camada subsuperficial obteve maior densidade. Entre as condições de uso, foram verificados maiores valores na área com romã, seguida de vegetação nativa, esta ultima na camada subsuperficial. Sendo assim, menores valores foram observados na área sob cultivo de capim tifton.

Tabela 7. Densidade do solo (DS), macro e microporosidade e porosidade total de Vertissolo Cromado em diferentes condições de uso e profundidades.

Uso	Profundidade	DS	Porosidade		
			Macro	Micro	Total
	cm	- g dm ⁻³ -	----- m ³ m ⁻³ -----		
Romã	0-10	1,16	0,09	0,49	0,58
Capim Tifton		1,08	0,10	0,51	0,60
Vegetação nativa		1,11	0,21	0,39	0,60
Média		1,12	0,13	0,46	0,59
Romã	10-20	1,22	0,18	0,43	0,61
Capim Tifton		1,22	0,10	0,48	0,58
Vegetação nativa		1,30	0,16	0,39	0,56
Média		1,25	0,15	0,43	0,58

Em termos médios, a porosidade total variou entre 0,59 e 0,58 m³ m⁻³ nas camadas de 0-10 e 10-20, respectivamente. As áreas de vegetação nativa e capim tifton obtiveram os maiores valores na camada superficial, onde os teores de matéria orgânica foram maiores.

A maior proporção de porosidade total pode ter favorecido a atividade microbiana, onde a maior média na camada superficial pode estar relacionada as maiores taxas de respiração nesta camada e, entre os usos, o cultivo de capim tifton foi a que se apresentou entre as áreas que obteve os maiores valores, independente da profundidade, sendo também o que obteve as maiores taxas de respiração entre os usos (Tabela 4).

Com a predominância das frações de silte e argila, independente das condições de uso e profundidades do estudo, pode-se observar maior microporosidade, onde em termos médios, os valores variaram entre 0,46 e 0,43 m³ m⁻³ entre as camadas de 0-10 e 10-20 cm, respectivamente. Sendo assim, em relação a macroporosidade observa-se valores bem inferiores.

Esta dominância de microporos, que foi levemente mais alta na camada superficial, pode ter contribuído para menores contagens de diversidade microbiana na referida camada, uma vez que a redução da porosidade de aeração, a macroporosidade (CHERUBIN, 2015), pode acarretar em menor disponibilidade de oxigênio disponível, por exemplo, se constituindo em uma barreira física (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006) ao melhor desenvolvimento de certos microrganismos, o que pode ter contribuído em algum grau para essa variação.

A porosidade de um determinado solo influencia na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e ramificação das raízes no solo e, como consequência, na disponibilidade de água e nutrientes (TOGNON, 1991). A composição de um solo ideal, em relação aos poros, é que estes tenham volume e dimensão adequada para entrada, movimento e retenção de água e ar que atendam as necessidades da cultura (HILLEL, 1980).

Sendo assim, a capacidade de campo na camada 0-10 cm foi maior nas áreas de capim tifton e romã. Na camada de 10-20 cm o mesmo padrão foi seguido para área de capim tifton, enquanto que a área de romã apresentou o menor valor nesta camada. Portanto, em termos médios a capacidade de campo variou entre 0,158 m³ m⁻³ e 0,169 para as camadas 0-10 e 10-20 cm, respectivamente. O ponto

de murcha permanente apresentou valores bem próximos aos da capacidade de campo, o que refletiu negativamente na disponibilidade de água no solo (Tabela 8).

Tabela 8. Capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP) e água disponível (AD) em Vertissolo sob diferentes condições de uso e profundidades.

Uso	Profundidade	CC	PMP	AD
	cm	-----m ³ m ⁻³ -----		
Romã	0-10	0,166	0,161	0,005
Capim Tifton		0,160	0,157	0,004
Vegetação nativa		0,149	0,147	0,003
Média		0,158	0,155	0,004
Romã	10-20	0,166	0,163	0,003
Capim Tifton		0,171	0,157	0,004
Vegetação nativa		0,170	0,167	0,003
Média		0,169	0,162	0,003

Com isso, pode-se observar maior disponibilidade de água no solo, na área cultivada com romã, na camada superficial, e na de capim tifton na subsuperficial. A área sob vegetação nativa apresentou menor disponibilidade de água em ambas as profundidades. Porém, independente das condições de uso e profundidades estudadas, percebe-se baixa disponibilidade de água para as plantas.

O leve aumento na capacidade de retenção de água na camada superficial na área de romã pode ter contribuído para maior contagem de diversidade microbiana nesta área na referida camada, uma vez que as outras duas áreas apresentaram maior contagem na camada mais profunda (Tabela 2). Portanto, maior disponibilidade de água pode, de certo modo, refletir em melhores condições para os microrganismos. Para Moreira e Siqueira (2006), pode-se considerar que todos os microrganismos do solo são totalmente dependentes de água para absorção de nutrientes e integridade celular.

5. CONCLUSÕES

- A diversidade microbiana se apresentou, de modo geral, com maior densidade na área sob vegetação nativa, apresentado o maior valor de Unidade Formadoras de Colônias.
- As colônias fúngicas obtiveram maior contagem na área sob vegetação nativa, já as colônias bacterianas, na área sob capim tifton.
- A atividade microbiana se mostrou mais ativa nas camadas superficiais em todas as condições de uso e profundidades, ficando a área de vegetação nativa com a menor taxa global de respiração, e a de capim tifton com a maior.
- A densidade de macrofauna também se mostrou a maior na área de cultivo de capim tifton, porém obteve os valores mais baixos nos índices de diversidade e equitabilidade, ficando para a área sob vegetação nativa os maiores valores destes índices, sugerindo nesta área uma maior diversidade.
- A granulometria revelou maiores teores de silte e argila, afetando a porosidade, que foi mais representada por microporos, independente das condições de uso e profundidade de amostragem. Porém, a disponibilidade de água foi baixa.
- Maiores valores de porosidade total e conteúdo de matéria orgânica podem ter contribuído em maior atividade microbiana na área sob capim tifton, e a maior densidade de macrofauna nesta área, também pode ter tido alguma influência com a taxa de matéria orgânica. A diversidade microbiana mais expressiva na camada de 10-20 cm pode ter tido alguma relação com menores valores de microporosidade nesta camada.

5. REFERÊNCIAS

1. ABDULKADIR, M.; WALIYU, S. Screening and Isolation of the Soil Bacteria for Ability to Produce Antibiotics. **European Journal of Applied Sciences**, v. 4, n. 5, p. 211-215, 2012.
2. ALMEIDA, D. **Fauna epiedáfica e atributos microbiológicos de solos sob sistemas de manejo no subtropico brasileiro**. Porto Alegre, 95 p. Tese (Doutorado em Ciência do Solo), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2012.
3. ANDERSON, J.; INGRAM, J. Soil fauna. In: **Tropical soil biological and fertility: a handbook of methods**. 2. ed. Wallingford: C.A.B. International, 1993. p. 44-46.
4. AQUINO, A. **Manual para macrofauna do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, maio 2001. 21p. (Embrapa-CNPAB. Documentos, 130).
5. ARAÚJO, A.; MELO, W. **Biomassa microbiana do solo**. Teresina: Universidade Federal do Piauí, 2012. 150 p.
6. BALOTA, E. et al. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 22, p. 641-649, 1998.
7. BATISTA, I. et al. Frações oxidáveis do carbono orgânico total e macrofauna edáfica em sistema de integração lavoura-pecuária. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n. 3, p. 797-809, 2014.
8. BERTOLO, F. **Acarofauna associada à *Vitis sp.* em Caxias do Sul, RS**. Porto Alegre, 66 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia), Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2011.
9. BORGES, E.; MACHADO, E. Avaliação microbiana do solo e dos aspectos morfológicos de hortaliças após a adição de adubos orgânicos em hortas. **Revista e-Scientia**, Belo Horizonte, v. 6, n.1, p. 08-15, 2013.
10. BOTTINELLI, N. et al. Why is the influence of soil macrofauna on soil structure only considered by soil ecologists? **Soil & Tillage Research**, v.146, p.118-124, 2015.
11. BRADFORD, J.; PETERSON, G. Conservation tillage. In: SUMNER, M. **Handbook of soil science**. Boca Raton: CRC Press, 2000. p. 247-266.
12. CARVALHO, A. et al. Atividade microbiana de solo e serapilheira em áreas povoadas com *Pinus elliottii* e *Terminalia aivorensis*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 2709-2716, 2008.
13. CHERUBIN, M. et al. Qualidade física, química e biológica de um Latossolo com diferentes manejos e fertilizantes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.2, p. 615-625, 2015.

14. COX, F.; LINS, D. A phosphorus soil test interpretation for corn grown on acid soils varying in crystalline clay content. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 15, n. 12, p. 1481-1491, 1984.
15. EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p.
16. EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. Ed. Brasília: Embrapa Solos 2006. 306 p.
17. FIUZA, D.; KUSDRA, J.; FIUZA, S. Crescimento do milho em solo sob atividade de *Chibuibari* (Oligochaeta: Glossoscolecidae). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 2, p. 359-366, 2012.
18. FRAGA, M. et al. Interação microrganismo, solo e flora como condutores da diversidade na Mata Atlântica, **Acta Botanica Brasilica**, v. 26, n. 4, p. 857-865, 2012.
19. FRAGA, M.; PEREIRA, M. Diversidade de *Trichocomaceae* isolada de solo e serrapilheira de Floresta Atlântica. **Floresta e Ambiente**, v. 19, n. 4, p. 405-413, 2012.
20. GAMA-RODRIGUES, E.; GAMA-RODRIGUES, A.; BARROS, N. Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 21, p. 361-365, 1997.
21. HILLEL, D. **Fundamentals of soil physics**. New York: Academic, 1980. 413 p.
22. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Mapa de clima do Brasil**. Rio de Janeiro, 2002. Escala: 1: 5 000 000.
23. KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in brazilian ecosystems: lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology & Biochemistry**, Elmsford, v. 42, p. 1-13, 2010.
24. KLEIN, V. Densidade relativa - um indicador da qualidade física de um latossolo vermelho. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 5, n. 1, p. 26-32, 2006.
25. _____. **Física do solo**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, 2008. 212 p.
26. KLENK, L. et al. Macrofauna invertebrada edáfica em pastagem sul brasileira sob diferentes preparos orgânicos. **Comunicata Scientae**, Bom Jesus, v. 5, n. 3, p. 339-348, 2014.
27. LAVELLE, P. et al. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal Soil Biology**, New Jersey, v. 33, p. 159-193, 1997.
28. LAVELLE, P. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. In: BEGON, M.; FITTER, A. (Eds.) **Advances in Ecological Research**, v. 27, p. 93-132, 1997.

29. LIMA, H. et al. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no semi-árido cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 1085-1098, 2007.
30. LIMA, J. **Diversidade de bactéria e *Archaea* em solos de Mata Atlântica no estado de São Paulo**. Piracicaba, 83 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2011.
31. LIMA, J. et al. Populações microbianas cultiváveis do solo e serrapilheira de uma unidade de conservação no semiárido brasileiro. **Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer**, Goiânia, v. 10, n. 18, p. 2300, 2014.
32. LISBOA, B. et al. Indicadores microbianos de qualidade do solo em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 1, p. 45-55, 2012.
33. LOURENTE, E. et al. Atributos microbiológicos, químicos e físicos de solo sob diferentes sistemas de manejo e condições de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 20-28, 2011.
34. MALUCHE-BARETTA, C. **Diversidade microbiana em solos sob florestas de *Araucaria angustifolia* L.** Piracicaba, 184 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, 2007.
35. MARTINS, A. **Inter-relações entre atributos do solo sob diferentes coberturas vegetais no Núcleo de Desertificação do Seridó**. Areia, 94 p. Tese (Doutorado em Ciência do solo), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba, 2015.
36. MONTEIRO, M. **Identificação de fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium* em solos preservados do Cerrado**. Lavras, 76 p. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola), Universidade Federal de Lavras, 2012.
37. MONTENEGRO, F. **Identificação da macrofauna edáfica na cultura da mamoneira (*Ricinus communis* L.) no município de Lagoa Seca-PB**. Lagoa Seca, 18 p. Monografia (Graduação em Agroecologia) Universidade Estadual da Paraíba, 2012.
38. MOREIRA, F.; SIQUEIRA, J. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2006. 729 p.
39. NOGUEIRA, J.; MIGUEL, L. Bacteriologia. In: MOLINARO, E.; CAPUTO, L.; AMENDOEIRA, M. (eds) **Conceitos e métodos para a formação de profissionais em laboratórios de saúde**. 4. ed. Rio de Janeiro: EPSJV, IOC, 2009.
40. PADILHA, K. et al. Indicadores biológicos de dois solos com a incorporação de subproduto da agroindústria de café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 1377-1386, 2014.
41. PENTEADO, S. Agricultura orgânica. In: **Introdução à agricultura orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003 p. 15-32.

42. PEREIRA, A. et al. Variações qualitativas e quantitativas na microbiota do solo e na fixação biológica do nitrogênio sob diferentes manejos com soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 6, p. 1397-1412, 2007.
43. PEREIRA, J.; NEVES, M.; DROZDOWICZ, A. **Quantificações das populações de bactérias em geral, de bactérias resistentes a antibióticos e de actinomicetos em solos**. Seropédica: EMBRAPA-CNPAB, 1996. 21p. (EMBRAPACNPAB. Documentos, 26).
44. PIMENTEL, S. et al. Dynamic fepigeous macrofauna under organic soil management in the Brazilian semi-arid region. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 183-192, 2012.
45. RIEFF, G. **Monitoramento de ácaros e colêmbolos como potenciais indicadores biológicos de qualidade do solo**. Porto Alegre, 59 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.
46. ROUSSEAU, G. et al. Macrofauna do solo em uma cronosequência de capoeiras, florestas e pastos no Centro de Endemismo Belém, Amazônia Oriental. **Acta Amazonica**, v. 4, n. 4, p. 499-512, 2014.
47. ROCHA, J.; ROSA, A.; CARDOSO, A. **Introdução à química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 256 p.
48. SILVA, R. et al. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica Campos das Vertentes – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, p. 1585-1592, 2010.
49. SOUTO, P. **Acumulação e decomposição da serapilheira e distribuição de organismos edáficos em área de caatinga na Paraíba, Brasil**. Areia, 161 p. Tese (Doutorado em Agronomia) Universidade Federal da Paraíba, 2006.
50. SOUTO, P. et al. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob Caatinga no semi-árido da Paraíba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 32, p. 151-160, 2008.
51. STIEVEN, A. et al. População e biomassa microbiana em solo do pantanal mato-grossense. **Revista Biodiversidade**, Rondonópolis, v. 8, n.1, p. 2177-1332, 2009.
52. TISDALL, J.; OADES, J. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, v. 33, p. 141-163, 1982.
53. TOGNON, A. **Propriedades físico-hídricas do Latossolo Roxo da região de Guairá-SP sob diferentes sistemas de cultivo**. Piracicaba, 85 p. Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1991.
54. TORTORA, G.; FUNKE, B.; CASE, C. **Microbiologia**. Tradução Aristóbolo Mendes da Silva. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.
55. SUPERINTENDÊNCIA DO DESENVOLVIMENTO DO NORDESTE. **Dados pluviométricos mensais do nordeste**. Recife, 1990. (Série pluviometria 5. Estado da Paraíba), 239 p.

56. VANCE, E. D. et al. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, n.6, p.703-707, 1987.
57. VARGAS, L.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 24, p. 35-42, 2000.
58. VINHAL-FREITAS, I. et al. Microbial and enzymatic activity in soil after organic composting. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 757-764, 2010.
59. WENDLING, B. et al. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005.
60. WIELAND, G.; NEUMANN, R.; BACKHAUS, H. Variation of microbial communities in soil, rhizosphere, and rhizoplane in response to crop species, soil type, and crop development. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v. 67, p. 5849-5854, 2001.
61. ZILLI, J. et al. Diversidade microbiana como indicador de qualidade do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 20, n. 3, p. 391-411, 2003.